XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8331

Do levantamento manual ao grafo: caracterização do processo tradicional de projeto de sistemas prediais hidráulicos de água fria e proposição de um fluxo de trabalho baseado em IFC

From manual take-off to graph: characterizing the traditional design process of drinking water systems and proposing an IFC-based workflow

André Buchmann Müller
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | andrebmuller@usp.br
Fabiano Rogério Corrêa
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | fabiano.correa@usp.br

Resumo

O projeto de sistemas prediais hidráulicos de água fria (SPHAF) ainda combina modelagem BIM com cálculos executados em planilhas, em um fluxo fragmentado que demanda reentrada manual de dados. Este artigo caracteriza esse processo e propõe um fluxo de trabalho alternativo baseado no formato IFC. Realizou-se uma pesquisa exploratória: descrição formal do processo tradicional via diagrama BPMN e questionário estruturado online aplicado a 83 profissionais brasileiros. Os resultados mostram alta adoção do BIM (77% usam *Revit*; 69% entregam IFC) convivendo com forte dependência de planilhas (88%) para o cálculo; 63% das vezes o mesmo profissional modela e calcula; e o retrabalho por reinserção de dados aparece como o segundo maior gargalo (61%). A partir desse diagnóstico, propõe-se um fluxo de trabalho alternativo que lê diretamente o arquivo IFC, reconstrói a rede hidráulica como grafo e executa o cálculo normativo segundo a NBR 5626:2020, suprimindo a etapa manual de transferência de dados.

Palavras-chave: Sistemas prediais hidráulicos. Modelagem da informação da construção (BIM). *Industry foundation classes* (IFC). Interoperabilidade. Pesquisa setorial.

Abstract

The design of drinking-water plumbing systems still combines BIM authoring with hydraulic calculations carried out in spreadsheets, in a fragmented workflow that requires manual data re-entry. This paper characterizes that process and proposes an alternative IFC-based workflow. An exploratory research approach was adopted: a formal BPMN description of the traditional process and a structured online survey of 83 Brazilian practitioners. Findings reveal high BIM adoption (77% Revit; 69% deliver IFC) coexisting with heavy spreadsheet use (88%) for engineering analysis; in 63% of cases the same professional models and calculates; and rework from data re-entry ranks as the second largest bottleneck (61%). Based on this diagnosis, an alternative workflow

MÜLLER, A. B.; CORRÊA, F. R. Do levantamento manual ao grafo: caracterização do processo tradicional de projeto de sistemas prediais hidráulicos de água fria e proposição de um fluxo de trabalho baseado em IFC. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

is proposed that reads the IFC file, rebuilds the hydraulic network as a graph, and executes code-compliant calculations under NBR 5626:2020, removing the manual data-transfer step.

Keywords: Plumbing systems. Building information modelling (BIM). Industry foundation classes (IFC). Interoperability. Practitioner survey.

INTRODUÇÃO

O projeto de sistemas prediais hidráulicos de água fria (SPHAF) é uma atividade normatizada pela ABNT NBR 5626 [1] que envolve a definição de traçados, o dimensionamento de tubulações, a determinação das vazões de projeto e a verificação das pressões dinâmicas em todos os pontos de utilização. Apesar da consolidação da modelagem da informação da construção (BIM) na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC) [2], o fluxo de trabalho desempenhado na prática profissional de projeto de SPHAF segue, em larga medida, fragmentado: a modelagem tridimensional ocorre em ferramentas BIM, mas o cálculo hidráulico frequentemente é realizado em planilhas eletrônicas externas, demandando a transferência manual de dados geométricos e topológicos do modelo para o ambiente de cálculo [3][4].

Essa desconexão entre modelagem e cálculo é fonte de retrabalho, erros de transcrição e dificuldades de rastreabilidade. No entanto, a literatura nacional carece de evidências empíricas recentes que caracterizem como projetistas brasileiros efetivamente conduzem o processo de projeto de SPHAF e quais são, na sua percepção, os principais gargalos do fluxo de trabalho.

O presente artigo tem dois objetivos. Primeiro, caracterizar de forma empírica o estado atual da prática brasileira de projeto de SPHAF, a partir de uma descrição formal do fluxo tradicional e de uma pesquisa setorial conduzida com 83 profissionais. Segundo, propor um fluxo de trabalho alternativo, capaz de mitigar os gargalos identificados, no qual o cálculo normativo é executado diretamente sobre uma representação em grafo extraída de modelos no esquema Industry Foundation Classes (IFC) [5][6] como fonte primária de dados.

MÉTODO

O estudo adotou como estratégia metodológica a pesquisa exploratória, estruturada em três etapas sequenciais e complementares.

Na primeira etapa, realizou-se a caracterização formal do processo tradicional de projeto de SPHAF, por meio de revisão de literatura e da construção de um diagrama em notação *Business Process Model and Notation* (BPMN). O diagrama serviu como referência analítica para identificar atividades, atores, ferramentas e pontos de transferência de informação ao longo do fluxo de trabalho. Essa caracterização baseou-se principalmente nos trabalhos de Martins e Monteiro [4] e Atencio *et al.* [3], que descrevem limitações estruturais recorrentes do processo convencional.

Na segunda etapa, aplicou-se um questionário estruturado online a profissionais envolvidos no projeto de SPHAF no Brasil. O instrumento foi organizado em cinco eixos temáticos: (a) perfil profissional; (b) métodos de cálculo e dimensionamento; (c) ferramentas de modelagem e documentação; (d) maturidade BIM e interoperabilidade, avaliada por escala Likert de cinco pontos; e (e) gargalos do fluxo de trabalho.

O protocolo de pesquisa, incluindo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (Parecer Consubstanciado nº 8.083.038).

O questionário foi distribuído por redes profissionais e contatos universitários entre janeiro e fevereiro de 2026, totalizando 83 respostas válidas. Trata-se de uma amostragem por conveniência. Os resultados são reportados de forma descritiva, como caracterização da prática setorial, e não como estimativas populacionais absolutas. Não há, no Brasil, censo específico de projetistas de SPHAF; a população foi estimada entre 12.000 e 20.000 profissionais ativos, a partir do quantitativo de engenheiros civis registrados no sistema CONFEA/CREA [7] e do perfil multidisciplinar reportado em outro levantamento do setor [8].

Na terceira etapa, com base nos gargalos identificados na etapa anterior e nas inovações tecnológicas disponíveis na cadeia produtiva de SPHAF, propôs-se um novo fluxo de trabalho para o processo de projeto, também em notação BPMN, possibilitando comparação direta com o diagrama gerado na primeira etapa.

O PROCESSO TRADICIONAL DE PROJETO DE SPHAF

O cálculo de SPHAF tem sido historicamente conduzido por métodos manuais ou semiautomatizados, frequentemente desvinculados de modelos digitais integrados [4]. O fluxo de trabalho tradicional é caracterizado por sua natureza fragmentada e por exigir significativa intervenção humana para a coleta, organização e interpretação dos dados geométricos e físicos do sistema.

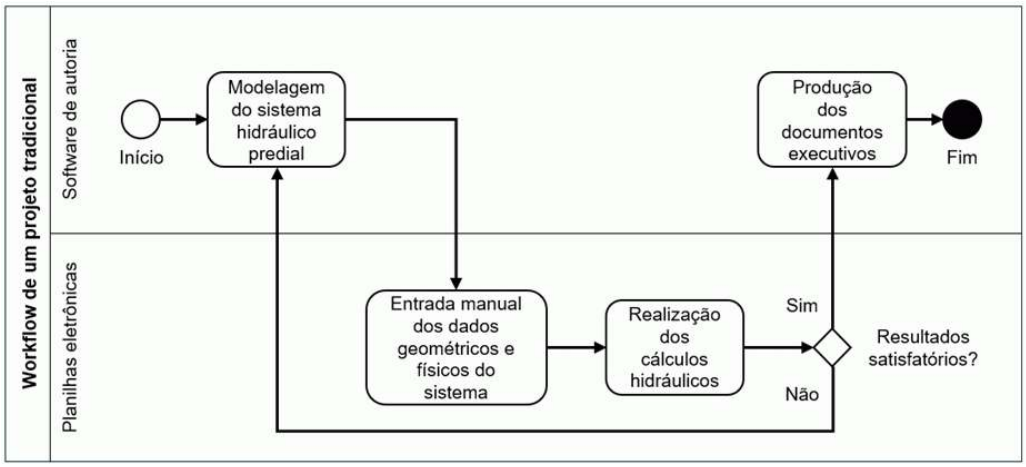
A descrição consolidada a partir de Martins e Monteiro [4] e Atencio *et al.* [3] pode ser sintetizada em cinco etapas: (i) interpretação de desenhos bidimensionais ou modelos BIM utilizados majoritariamente para documentação; (ii) extração manual de parâmetros como comprimentos de trechos, diâmetros nominais, cotas de altura e tipologias de conexão; (iii) preenchimento de planilhas eletrônicas com fórmulas normativas e execução iterativa do dimensionamento; (iv) verificação dos resultados frente aos critérios da norma vigente; e (v) retorno ao desenho ou modelo para ajustes nos casos em que pressões e velocidades estejam fora dos limites aceitáveis. Esse ciclo se repete até a convergência, e cada iteração demanda nova transferência manual de dados.

As limitações recorrentes desse modelo, descritas pela literatura, podem ser agrupadas em cinco categorias: baixa eficiência produtiva, decorrente da repetição de etapas manuais; suscetibilidade a erros de transcrição entre plataformas; baixa

rastreabilidade das justificativas e referências utilizadas nos cálculos; ausência de integração efetiva com o modelo tridimensional, que acaba servindo apenas como representação geométrica; e dificuldade para a avaliação comparativa de alternativas de projeto, em razão do alto custo de tempo associado a cada reprocessamento.

A Figura 1 sintetiza, em diagrama BPMN, o fluxo tradicional descrito.

Figura 1: Diagrama BPMN do processo tradicional de projeto de SPHAF



Fonte: Os autores.

CARACTERIZAÇÃO DA PRÁTICA SETORIAL

PERFIL DOS RESPONDENTES

O perfil dos respondentes concentra-se em profissionais em início e meio de carreira: 30,1% relataram ter menos de 5 anos de experiência, 42,2% entre 5 e 10 anos, 24,1% entre 10 e 20 anos, 2,4% entre 20 e 30 anos e 1,2% há mais de 30 anos. O setor residencial foi a área de atuação mais frequente, citada por mais de 80% dos respondentes, isoladamente ou em combinação com outros setores.

Esse perfil é consistente com a demografia reportada em outro levantamento do setor [8], onde aproximadamente metade dos profissionais se enquadra na faixa etária de 25 a 34 anos.

ADOÇÃO DE BIM E FERRAMENTAS DE CÁLCULO

O primeiro achado é que a adoção do BIM é alta, porém desconectada dos cálculos hidráulicos. Entre os respondentes, 77% utilizam o Autodesk *Revit* como ferramenta de autoria e 69% entregam rotineiramente modelos IFC como produto. Os usos BIM mais reportados são a documentação (88%), a extração de quantitativos (87%) e a coordenação 3D (81%); apenas 49% relataram o uso do BIM para a realização dos cálculos de engenharia.

A ferramenta dominante de cálculo, contudo, continua sendo a planilha eletrônica: 88% dos respondentes utilizam planilhas próprias em *Excel*, frente a 33% que empregam *plug-ins* em ferramentas de autoria e 30% que utilizam programas

especializados. Esses dois últimos grupos provavelmente correspondem aos 49% que reportaram usar o BIM para cálculos.

O Quadro 1 e o Quadro 2 resumem os percentuais de adoção das principais ferramentas de cálculo reportadas e usos BIM tipicamente realizados.

Quadro 1: Ferramentas de cálculo utilizadas (n=83)

Ferramenta de cálculo	Respondentes (%)
Planilhas próprias (*Excel*)	88%
Plug-ins no software de autoria	33%
Programas especializados	30%
Cálculo manual em papel	18%
Rotinas próprias (Python, *Dynamo* etc.)	13%

Fonte: Os autores.

Quadro 2: Usos do BIM reportados (n=83)

Uso BIM	Respondentes (%)
Documentação	88%
Extração de quantitativos	87%
Coordenação 3D	81%
Cálculos de engenharia	49%

Fonte: Os autores.

Respostas múltiplas eram permitidas para ambas as perguntas.

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO

O segundo achado refere-se aos métodos de determinação das vazões de projeto.

O método dos pesos, prescrito pela antiga NBR 5626:1998 [9], permanece amplamente dominante: 81% dos respondentes o adotam.

Métodos probabilísticos, como o Método Probabilístico Aberto de Gonçalves [10] e o Método de Hunter, são empregados por 39%, usualmente em combinação com o método dos pesos, prática consistente com a recomendação técnica de uso complementar em edificações de maior porte. Exigências específicas de cliente orientam 22% dos projetos, e 10% dos respondentes declararam não realizar o cálculo, limitando sua atuação à modelagem. Aproximadamente 5% dos respondentes reportaram outros métodos.

Respostas múltiplas eram permitidas para esta pergunta.

MODELAGEM E CÁLCULO POR UM MESMO AGENTE

O terceiro achado é que o mesmo profissional tipicamente realiza tanto a modelagem quanto o cálculo. Cerca de 63% dos respondentes afirmaram que a mesma pessoa é responsável por ambas as atividades, com 23% adicionais indicando que a divisão depende do projeto. Aproximadamente 14% afirmaram que, em seu fluxo de trabalho, pessoas diferentes realizam a modelagem e o cálculo.

Isso significa que a desconexão entre a modelagem BIM e o cálculo não é uma barreira organizacional entre equipes distintas, mas uma lacuna estrutural no nível das

ferramentas: o mesmo projetista precisa alternar entre o ambiente de modelagem e o ambiente de cálculo, reinserindo manualmente dados geométricos e topológicos que já estão codificados no modelo.

PERCEPÇÃO DE INTEROPERABILIDADE E GARGALOS

Os respondentes avaliaram sua experiência de interoperabilidade em uma escala Likert de cinco pontos (1 = muito problemático; 5 = flui bem). A exportação de arquivos IFC a partir do software de autoria recebeu a avaliação mais favorável (média 4,1; n = 73), indicando que a geração do arquivo em si não atua como a barreira limitante. Em contrapartida, a padronização de propriedades (média 3,2; n = 76) e a importação para ferramentas de cálculo e coordenação (média 3,6; n = 66) receberam pontuações consideravelmente mais baixas. O verdadeiro desafio não reside em produzir e exportar arquivos IFC, mas em garantir que as informações semânticas e geométricas neles contidas estejam estruturadas e completas o suficiente para viabilizar os cálculos a jusante.

O quarto achado refere-se aos gargalos do fluxo de trabalho. Solicitados a identificar seus principais obstáculos, os respondentes apontaram, em ordem de frequência: alterações tardias de projeto (70%), retrabalho com a reinserção manual de dados (61%), pressão de cronograma (53%), bibliotecas e objetos BIM incompletos (37%), falhas de interoperabilidade na importação/exportação (23%) e falta de padronização de propriedades (21%). A prevalência expressiva do retrabalho por reentrada de dados, em um contexto no qual a maioria dos respondentes já produz modelos BIM e entregáveis em IFC, reforça a demanda prática por caminhos automatizados que conectem os modelos BIM diretamente ao cálculo de engenharia. Respostas múltiplas eram permitidas para essa pergunta.

É importante registrar que o instrumento foi distribuído por canais eletrônicos, e a amostra é, presumivelmente, mais alfabetizada digitalmente do que a média do setor. As elevadas taxas relatadas de adoção do BIM e de entrega em IFC podem, portanto, superestimar as médias reais do mercado nacional. Esse viés natural, contudo, apenas fortalece a motivação para a proposição apresentada na próxima seção: se mesmo o segmento digitalmente mais maduro depende predominantemente de planilhas e relata reentrada de dados como gargalo, a falha de interoperabilidade entre BIM e cálculo persiste de forma crítica.

NÍVEL DE DETALHAMENTO E ENTREGÁVEIS

Um quinto achado diz respeito à maturidade do modelo executivo, aspecto determinante para a viabilidade de fluxos baseados em extração automatizada. Cerca de 89% dos respondentes declararam entregar traçado definitivo com diâmetros, materiais, válvulas, conexões e pontos de utilização localizados com precisão; apenas 11% restringem-se a um traçado representativo. Entre os entregáveis rotineiros, plantas e isométricos em DWG/PDF são praticamente universais (95%), seguidos por modelos IFC (69%), arquivos eletrônicos de quantitativos (63%) e modelos em formato nativo (55%). Respostas múltiplas eram permitidas para essa pergunta.

O IFC já constitui, portanto, entregável estabelecido no setor.

PROPOSIÇÃO DE UM FLUXO DE TRABALHO BASEADO EM IFC

Diante do diagnóstico apresentado, propõe-se um fluxo de trabalho alternativo no qual o cálculo hidráulico passa a ser executado diretamente sobre o modelo BIM exportado em IFC pela ferramenta de autoria, eliminando a etapa manual de reinserção de dados em planilhas.

A proposta fundamenta-se na premissa de que o IFC, por ser um padrão aberto e semanticamente rico, descreve de forma adequada os elementos de um sistema predial (tubulações, conexões, válvulas, reservatórios e pontos de utilização) bem como sua conectividade física, codificada por meio dos relacionamentos *IfcRelNests* e *IfcRelConnectsPorts* [11].

PROCESSAMENTO DO MODELO IFC

O processamento do arquivo IFC exportado pela ferramenta de autoria compreende três etapas sequenciais.

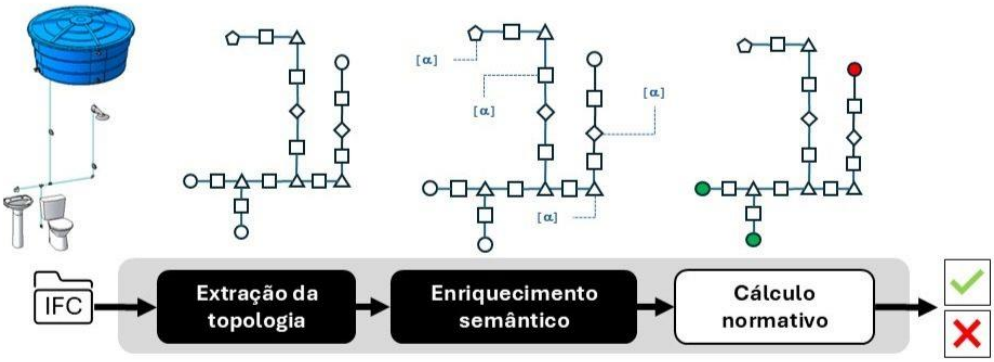
Na primeira etapa, o modelo IFC é percorrido e a rede hidráulica é reconstruída como um grafo árvore, no qual os componentes físicos correspondem a vértices e as conexões por portas (comandadas pelas entidades *IfcRelNests* e *IfcRelConnectsPorts*) correspondem a arestas. A orientação dos caminhos é induzida posteriormente por busca em largura a partir do reservatório como um nó raiz.

Na segunda etapa, o grafo é enriquecido com as propriedades geométricas e semânticas necessárias ao cálculo: comprimentos extraídos da profundidade de extrusão (entidade *IfcExtrudeAreaSolid*), diâmetros obtidos do perfil da seção (entidade *IfcCircleProfileDef* ou *IfcArbitraryClosedProfileDef*), cotas de elevação derivadas da geometria global (com métodos padrão do *IfcOpenShell*) e pesos relativos dos pontos de utilização, associados a partir dos tipos de aparelhos sanitários (atributo *PredefinedType*).

Na terceira etapa, são aplicados sobre o grafo enriquecido o método dos pesos para a determinação das vazões de projeto, a equação de Fair-Whipple-Hsiao para o cálculo das perdas de carga lineares e o método dos comprimentos equivalentes para as perdas localizadas, seguidos da verificação de pressões mínimas nos pontos de utilização, conforme a NBR 5626 [1].

A Figura 2 apresenta o processo proposto para mediar o novo fluxo de trabalho.

Figura 2: Etapas de processamento do modelo IFC no fluxo proposto.



Fonte: Os autores.

O processamento aqui descrito está implementado como biblioteca Python de código aberto, denominada *ifc-hydro* [12], e foi demonstrado em um trabalho anterior [13], no qual um modelo sintético de três pontos de utilização foi processado de ponta a ponta e os resultados de pressão disponível comparados com os de um software comercial (AltoQi *Builder*) e com cálculo manual, com desvios da ordem de décimos de metro de coluna d'água.

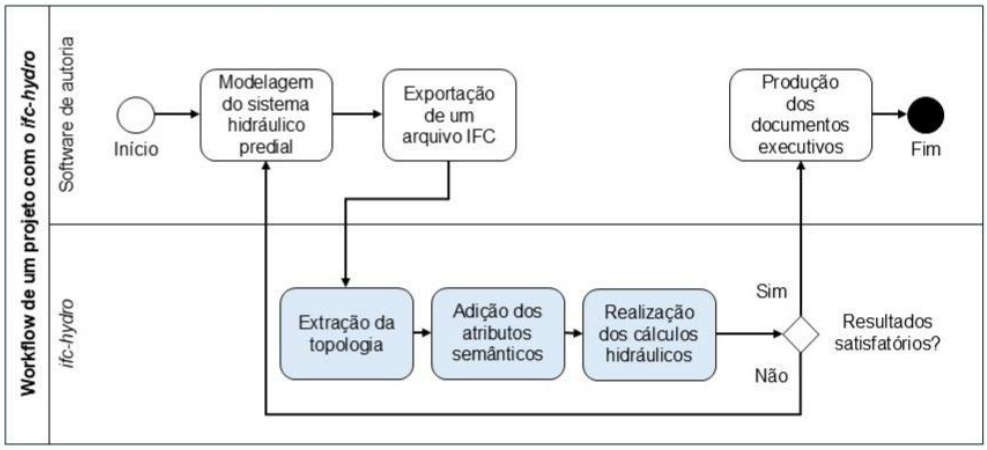
Os resultados indicaram a viabilidade técnica da extração automatizada e a precisão do cálculo executado sobre os dados extraídos do IFC.

FLUXO DE TRABALHO PROPOSTO

A Figura 3 apresenta o fluxo proposto em notação BPMN, organizado em duas faixas: a do software de autoria BIM e a da ferramenta de cálculo automatizada (*ifc-hydro*). O projetista realiza a modelagem do sistema hidráulico no ambiente BIM, com a inserção de componentes e propriedades, e exporta o modelo em formato IFC observando os requisitos de interoperabilidade. A ferramenta de cálculo lê o arquivo IFC, executa as três etapas de reconstrução, enriquecimento e cálculo descritas e produz um relatório auditável com vazões, diâmetros, velocidades, perdas de carga e pressões dinâmicas em cada ponto de utilização, acompanhado de parecer de conformidade com os limites normativos.

Caso os resultados estejam dentro dos critérios exigidos, o fluxo avança para a produção dos documentos executivos; caso contrário, o usuário retorna à modelagem para realizar os ajustes necessários. A diferença estrutural em relação ao fluxo tradicional é que cada iteração não exige qualquer reentrada manual de dados: o ciclo modelar-exportar-calcular opera diretamente sobre o IFC.

Figura 3: Diagrama BPMN do fluxo de trabalho proposto baseado em IFC



Fonte: Os autores.

DISCUSSÃO

O fluxo proposto aborda diretamente os três achados centrais da pesquisa setorial. A desconexão entre a alta adoção do BIM e o uso predominante de planilhas é mitigada porque o cálculo passa a operar sobre o mesmo arquivo IFC já produzido pelo projetista. A condição em que o mesmo profissional executa modelagem e cálculo deixa de ser uma fonte de retrabalho, uma vez que a alternância entre ambientes deixa de implicar transferência manual de dados. Por fim, o gargalo do retrabalho por reinserção, segundo obstáculo mais citado pelos respondentes, é estruturalmente eliminado sempre que o modelo IFC contiver as propriedades e relações necessárias.

A predominância do método dos pesos e a maturidade do modelo executivo tipicamente entregue reforçam a plausibilidade do fluxo, já que o procedimento de cálculo implementado coincide com a prática dominante e o substrato topológico e semântico necessário à extração automatizada está, em regra, disponível no IFC exportado da fase executiva.

A avaliação favorável da exportação IFC reportada pelos respondentes (média 4,1) é particularmente relevante para a proposição: ela indica que o substrato de dados sobre o qual o fluxo opera é de qualidade aceitável na percepção dos próprios projetistas. As avaliações mais baixas atribuídas à padronização de propriedades e à importação para ferramentas de cálculo, por outro lado, sinalizam que a efetividade prática da proposta depende de diretrizes claras sobre quais propriedades devem estar presentes no modelo exportado, possivelmente formalizadas como as *information delivery specifications* (IDS).

Limitações da pesquisa setorial devem ser consideradas: a amostragem por conveniência impede inferências estatísticas para a população nacional, e o viés digital da amostra deve ser tomado em conta na leitura das taxas de adoção reportadas. A proposição do fluxo, por sua vez, requer demonstração empírica em projetos reais para a validação de sua aderência aos critérios normativos.

CONCLUSÕES

Este artigo caracterizou o estado atual da prática brasileira de projeto de SPHAF e propôs um fluxo de trabalho alternativo e menos fragmentado baseado no formato IFC.

A pesquisa setorial, conduzida com 83 profissionais, revelou uma contradição estrutural: a alta adoção do BIM convive com a permanência das planilhas eletrônicas como ferramenta dominante de cálculo, em um contexto no qual o mesmo profissional, em geral, modela e calcula. O retrabalho por reinserção de dados é o segundo maior gargalo reportado.

A proposição apresentada, um fluxo apoiado em um procedimento de processamento do IFC, que reconstrói a rede como grafo e executa o cálculo normativo, ataca diretamente esse gargalo ao eliminar a transferência manual de dados entre o ambiente de modelagem e o ambiente de cálculo.

A contribuição deste trabalho é dupla: oferecer uma caracterização empírica recente da prática setorial brasileira e formalizar um processo alternativo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e aos profissionais que voluntariamente responderam ao questionário.

DECLARAÇÃO DO USO DE IA

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o modelo de linguagem de grande escala (*large language model* – LLM) Claude Opus 4.7 para a tradução, revisão e melhoria de coesão do texto. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.

[2] SACKS, R. et al. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. Online: John Wiley & Sons, Inc., 2018.

[3] ATENCIO, E. et al. Towards the Integration and Automation of the Design Process for Domestic Drinking-Water and Sewerage Systems with BIM. **Applied Sciences**, v. 12, n. 18, p. 9063, jan. 2022.

[4] MARTINS, J. P.; MONTEIRO, A. LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems. **Automation in Construction**, v. 29, p. 12–23, 1 jan. 2013.

[5] ISO. **ISO 16739-1:2024 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema**. Genebra, Suíça, 2024.

[6] IFCOPENSHELL CONTRIBUTORS. **IfcOpenShell 0.8.4 documentation**. Disponível em: <https://docs.ifcopenshell.org/autoapi/ifcopenshell/index.html>. Acesso em: 20 mar. 2026.

[7] QUAEST. **Mini Censo CONFEA 2024**. Belo Horizonte: CONFEA, 2024. Disponível em: <https://www.confea.org.br/censo-do-confea-92-dos-profissionais-estao-empregados>. Acesso em: 12 mar. 2026.

[8] ALTOQI. **Panorama Precificação de Projetos 2024**. Florianópolis: AltoQi, 2024. Disponível em: <https://www.altoqi.com.br/conteudos-gratuitos/ebook-panorama-de-precificacao-de-projetos-2024>. Acesso em: 12 mar. 2026.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

[10] GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1986.

[11] XIAO, Y.-Q.; LI, S.-W.; HU, Z.-Z. Automatically Generating a MEP Logic Chain from Building Information Models with Identification Rules. **Applied Sciences**, v. 9, n. 11, p. 2204, jan. 2019.

[12] MÜLLER, A. **ifc-hydro v4.1.0**.: 4.1.0. Zenodo, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19022607>

[13] MÜLLER, A. B. et al. **Automação no Cálculo de Pressões Dinâmicas de Sistemas Prediais Hidráulicos com IFC: Extração de Dados em BIM**. Em: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO. Porto Alegre: ANTAC, 2025.